

тично встановлювати концентрації завислих речовин на виході із споруди при залпових скидах висококонцентрованих стоків.

1. Ершов А.В. Исследование первичных вертикальных канализационных отстойников с нисходяще-восходящим движением жидкости: Автореф. дисс. ... канд. техн. наук. – М., 1979.

2. Ершов А.В., Бондаренко В.Д., Лобачёва Е.Л. Исследование вертикальных отстойников с нисходяще-восходящим потоком жидкости в производственных условиях // Наука и техника в городском хозяйстве. Вып. XIV. – К.: Будівельник, 1970.

3. Таварткіладзе І.М., Нечипор О.М.. Відстійник для малих витрат стічних вод // Науковий вісник будівництва. – Харків: ХДТУБА, 2001.

4. Таварткіладзе І.М. та ін. Установка для очищення стічних вод / Патент України, № 29814 А.

5. СНиП 2.04.03-85. Канализация. Наружные сети и сооружения. – М., 1986.

6. Канализация населенных мест и промышленных предприятий: Справочник проектировщика. – М.: Стройиздат, 1981.

7. Яковлев С.В.. Канализация. – М.: Стройиздат, 1976.

Отримано 10.12.2002

УДК 628.28

Н.Н.ГИРОЛЬ, д-р техн. наук

*Украинский государственный университет водного хозяйства и природопользования,
г.Ровно*

ОПЫТ РАБОТЫ ФИЛЬТРОВ С ПЛАВАЮЩЕЙ ПЕНОПОЛИСТИРОЛЬНОЙ ЗАГРУЗКОЙ В СХЕМАХ ОЧИСТКИ ВОДЫ

Приведен опыт работы фильтров с плавающей загрузкой в схемах очистки воды.

В технологических схемах очистки воды широкое распространение получили зернистые фильтры, способные эффективно задерживать дисперсные примеси. В качестве фильтрующего слоя таких фильтров обычно используют кварцевый песок, антрацит, аглопорит, перлит, гранулированные и порошкообразные угли, вулканические шлаки, диатомит, трепел, опока, монтмориллонит, вермикулит, доломит, магнезит, цеолит, шунгизит, керамзит, гранодорит, габродиабаз, гранит, бой керамики и др. Имеются сведения о применении в практике очистки воды от масел листового или дробленого пенополиуретана [1].

Наибольшее распространение в качестве фильтрующего материала водоочистных фильтров получили кварцевый и другие пески, встречающиеся в естественных условиях в виде моно- и полиминералов. Пористость однородных окатанных песков колеблется от 34 до 42%, карьерных – 40-47%, коэффициент формы зерна - соответственно от 1,2 до 1,5. В существующих в Украине месторождениях песков крупность зерен меньше необходимой величины. Фракции песка, при-

годные для использования в качестве фильтрующей загрузки, в ряде месторождений составляют 20-30%.

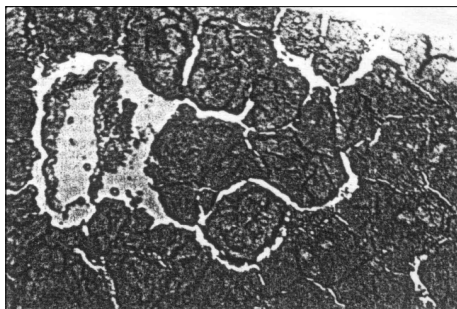


Рис.1 – Общий вид заиленной фильтрующей загрузки из кварцевого песка фильтров, работающих в схеме декарбонизации воды

Характерной особенностью фильтров из указанных фильтрующих материалов является их гидравлическая сортировка по возрастающей крупности зерен в направлении сверху вниз. В то же время в существующих конструкциях фильтров направление движения фильтрационного потока в основном ориентировано также сверху вниз.

Такая ориентация упомянутых параметров отрицательно сказывается на технологических параметрах работы сооружения – грязеемкости фильтрующего слоя, обычно не превышающей $4-12 \text{ кг/м}^3$, невысоком значении продолжительности фильтроцикла.

Кроме того, промывка фильтров упомянутой конструкции достигается при восходящем потоке промывной воды, скорость которого должна быть достаточной для обеспечения расширения фильтрующего слоя, подъема и транспортировки вымытых загрязнений. Несоблюдение этих условий приводит к формированию в толще загрузки фильтра грязевых бассейнов, что отрицательно сказывается на эффективности работы сооружения. Применение водовоздушной промывки фильтров также не всегда позволяет получить положительный результат.

Опыт эксплуатации фильтровальных станций, оборудованных фильтрами с однослойной песчаной загрузкой, свидетельствует, что концентрация поступающих с очищенной водой взвешенных веществ не должна превышать 20 мг/л . В противном случае происходит коагуляция верхнего слоя песка, продолжительность фильтроцикла заметно сокращается (до трех часов и менее).

Использование фильтров с двухслойной и многослойной загрузкой позволяет осуществлять процесс фильтрования в направлении убывающей крупности зерен. Верхние слои загрузки таких фильтров устраивают из более крупных зерен $1-2 \text{ мм}$, нижние – из мелких зерен крупностью $0,7-1,6 \text{ мм}$. Благодаря такому расположению зерен в

фильтрах, работающих с нисходящим фильтрационным потоком, темп прироста потерь напора в загрузке снижается, продолжительность фильтроцикла увеличивается, скорость фильтрования достигает 7-8 м/ч.

Фильтрование в направлении убывающей крупности зерен фильтрующего слоя реализуется в фильтрах, работающих с восходящим фильтрационным потоком. Такие фильтры позволяют работать в режиме безпленочного фильтрования с использованием всей толщи фильтрующего слоя. У них, по сравнению с фильтрами предыдущей конструкции, большая продолжительность фильтроцикла и более высокая грязеемкость.

Несмотря на то, что применение многоярусных, многослойных загрузок позволяет увеличить грязеемкость фильтрующего слоя и продолжительность фильтроцикла, недостатки, отмеченные выше, остаются.

В схемах доочистки сточных вод используются аэрируемые фильтры. Однако из-за сложной конструкции, значительных энергозатрат на непрерывную работу воздуходувок и небольшой скорости фильтрования эти фильтры не нашли широкого применения.

Нами разработаны новые конструкции фильтров, фильтрующий слой которых выполнен из вспененных гранул полистирола (ФПЗ). Насыпная плотность загрузки фильтра зависит от размера гранул, требований технологического процесса и может изменяться в пределах 1000-5 кг/м³. Плотность гранул обратно пропорциональна их размеру.

Собственные результаты исследований и результаты исследований других ученых [1-3] показали, что ФПЗ лишены большинства недостатков, присущих фильтрам с загрузкой, плотность зерен которой больше плотности воды. Особенностью плавающей пенополистирольной загрузки является то, что в период промывки фильтра благодаря гидравлической сортировке более крупные гранулы располагаются в верхних слоях загрузки, а мелкие – в нижних. Поэтому при движении фильтрационного потока сверху вниз работает весь фильтрующий слой загрузки, что значительно повышает ее грязеемкость. Промывка фильтрующего слоя таких фильтров происходит в нисходящем потоке воды (в отличие от условий протекания этого процесса для фильтров с загрузкой из кварцевого песка), что способствует не только отмывке зерен загрузки, но и (а это особенно важно) транспортировке отмытых загрязнений с потоком промывной воды за пределы корпуса фильтра. Использование фильтров позволяет существенно упростить технологическую схему фильтровальных станций.

Разработанные нами станции доочистки сточных вод, оборудованные фильтрами с плавающей загрузкой, продолжительное время успешно работают на ряде очистных сооружений производительностью 2-100 тыс. м³/сут. Технологические схемы таких станций выгодно отличаются от аналогов, так как включают меньшее количество технологических сооружений и оборудования. Их преимуществом является также устойчивость значений технологических параметров при эксплуатации, достаточная эффективность очистки, невысокие капитальные вложения, малая трудо- и энергоёмкость в обслуживании.

Наиболее известными конструкциями таких фильтров являются фильтры, приведенные на рис.2.

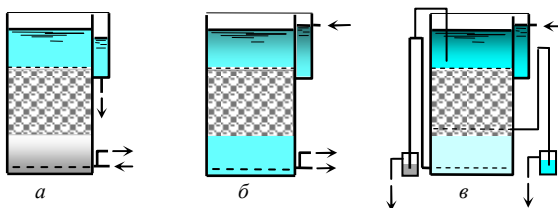


Рис.2 – Схемы фильтров с плавающей загрузкой:
 а – фильтр, работающий с восходящим фильтрационным потоком; б – фильтр, работающий с нисходящим фильтрационным потоком; в – фильтр со средней дренажной системой, оборудованный системой гидроавтоматики

При работе фильтра с восходящим фильтрационным потоком исходная вода подается в нижнюю часть фильтра (подфильтровое пространство), где отстаивается, освобождаясь от примесей с гидравлической крупностью, превышающей скорость дви-

жения восходящего потока очищаемой воды (рис.2, а). Предварительно осветленная таким образом вода поступает в фильтрующий слой, где, фильтруясь снизу вверх, освобождается от мелкодисперсной взвеси. На нижней границе мелкогранульной загрузки задерживается основная масса загрязнений, впоследствии участвующая в процессе фильтрования. Для снижения интенсивности роста потерь напора в толще фильтрующего слоя фильтры такой конструкции целесообразно применять при очистке маломутных вод. Кроме того, к преимуществу таких фильтров в схемах очистки воды для питьевых целей следует отнести и тот факт, что промывка фильтрующего слоя осуществляется в потоке чистой профильтрованной воды.

При очистке воды, концентрация загрязнений в которой более значительная (>20-30 мг/л), целесообразно использовать фильтры, работающие с нисходящим направлением движения фильтрационного потока (рис.2, б). Так как направление движения фильтрационного

потока совпадает с направлением уменьшения крупности гранул, интенсивность роста потерь напора даже при относительно высокой концентрации загрязнений в таких фильтрах незначительная.

Однако наряду с возможностью подачи на фильтр исходной воды с более высокой концентрацией примесей при достижении более высокой грязеемкости фильтрующего слоя и большей величины продолжительности фильтроцикла скорость движения фильтрационного потока ограничена скоростью начала расширения фильтрующего слоя (рис.2, в). На практике скорость фильтрования в фильтрах такой конструкции назначают в пределах 5-14 м/ч, причем большее значение скорости фильтрования соответствует зернистому слою, критерий Архимеда для гранул которого имеет большее значение.

Устройство в объеме фильтрующего слоя дренажной системы позволяет существенно (в 2-4 раза при соответствующем обосновании) повысить скорость фильтрования по сравнению с аналогичным параметром для ранее описанной конструкции фильтров. Фильтры такой конструкции, как и фильтры с восходящим направлением движения фильтрационного потока, могут быть оборудованы системой гидроавтоматических устройств управления режимами его работы.

В 1975 г. впервые нами реконструирован на Ипатьевском групповом водопроводе медленный фильтр площадью 44 м² в двухслойный фильтр с плавающей загрузкой. Производительность этого фильтра после реконструкции возросла в 10 раз. Эффективность очистки соответствовала нормативным требованиям.

На основании положительного опыта работы реконструированных сооружений нами налажено серийное производство фильтров напорной конструкции ФПЗ-3,4-150 для схем технического водоснабжения (рис.3). Диаметр таких фильтров составляет 3,4 м, максимальная производительность – 150 м³/ч. В зависимости от параметров исходной и требований к качеству очищенной воды подбираются соответствующие значения технологических параметров и параметров фильтрующего слоя. При этом эффективность очистки можно изменять в широком диапазоне и ее значение может достигать 99%.

Имеется положительный опыт работы безнапорных конструкций фильтров с плавающей загрузкой при очистке озерной воды для технических целей. В 1979 г. построена фильтровальная станция производительностью около 4000 м³/ч с общим количеством расположенных в один ряд 10 фильтров (рис.4). Железобетонный корпус фильтров располагается в грунте, боковой стенкой примыкая к бассейну, подводящему исходную воду. С противоположной стороны корпуса

фильтров расположены камера управления задвижками и емкость для сбора профильтрованной воды.



Рис.3 – Станция очистки
поверхностных вод на ФПЗ-3,4-150



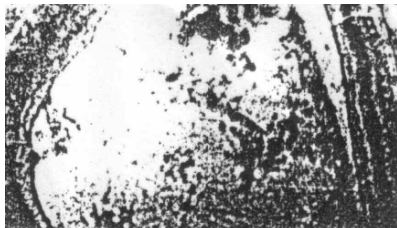
Рис. 4 – Станция очистки воды
для технических целей

Одними из первых реконструировались сооружения доочистки стоков на станции биохимической очистки стоков г.Ровно. Особенностью таких фильтров является их оборудование системой гидроавтоматики. Так, трубопровод отвода промывной воды оборудован сифоном диаметром 800 мм, а трубопровод отвода профильтрованной воды – сифоном 600 мм. Взаимное расположение сифонов и технологические режимы сооружения увязаны технологическими параметрами его работы.

Промышленные наблюдения за работой реконструированного фильтра подтвердили, что в процессе фильтрования биологически очищенных сточных вод в толще загрузки и на поверхности верхней сборно-распределительной системы функционирует биоценоз, способный окислять органические загрязнения очищаемой сточной воды. Наблюдения за видовым составом и жизнедеятельностью микроорганизмов в толще промышленного ФПЗ показали, что по всей высоте фильтрующей загрузки отмечена активная жизнедеятельность микроорганизмов инфузорий из класса Ciliota-Epistulis plicatilis, Aspidisca costata, Vorticella canvallaria, Lionotus, коловраток Callidina vorax, щетинковых червей Aelosoma, которые характеризуют процессы нитрификации (рис.5).



Epistulis plicatilis



Aelosoma

Рис. 5 – Фрагменты биоценоза в толще фильтрующего слоя

При начальной скорости фильтрования до 10-15 м/ч и содержании взвешенных веществ в исходной воде до 30 мг/л эффективность их задержания в фильтре достигает 70-90%, продолжительность фильтроцикла – 48-72 ч. Кратковременное (в течение 2-3 ч) поступление воды с концентрацией взвешенных веществ до 100 мг/л почти не ухудшает его работу. Даже в этом случае содержание взвешенных веществ в фильтрате при несколько меньших значениях скорости (5-6 м/ч) фильтрования не превышает 10 мг/л.

За 15-летний период эксплуатации ФПЗ в схеме доочистки биохимически очищенных сточных вод каких-либо изменений гранул фильтрующего слоя не обнаружено. Отсутствие сетчатых фильтров перед фильтрами доочистки существенно не сказывается на эффективности их работы.

Таблица 1 – Результаты работы промышленных фильтров с плавающей загрузкой на РПО "Азот" (средняя скорость фильтрования 6-8 м/ч)

№ филь- тров	С, мг/л		ХПК, мг О ₂ /л		БПК _{полн} , мг О ₂ /л		NH ₃ , мг/л	
	вход	выход	вход	выход	вход	выход	вход	выход
1	6	1,5	52,3	24,1	-	-	сл.	сл.
2	13	1,9	48,0	21,0	11,5	4,5	сл.	сл.
2	5,5	2,5	32,0	16,0	-	-	0,24	0,07
1	12,5	1,9	36,0	16,0	-	-	сл.	сл.
1	17,0	2,1	42,0	20,0	14,2	5,2	1,70	0,33
3	10,0	3,0	45,2	29,0	8,7	3,6	0,14	сл.
1	16,0	4,0	40,2	24,1	12,2	5,8	сл.	сл.

На сооружениях биохимической очистки стоков завода "Ривнесельмаш" (рис.6) построена по проекту Кишиневского института "Гипросельмаш" станция доочистки сточных вод производительностью 12000 м³/сут., оборудованная фильтрами конструкции ФПЗ-4 (отбор профильтрованной воды из толщи фильтрующего слоя), снабженными

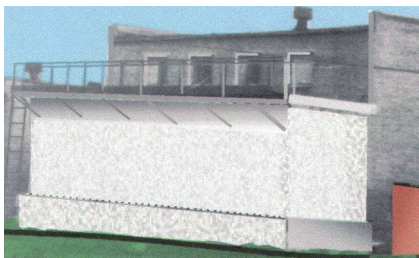


Рис. 6 – Станция доочистки сточных вод на ФПЗ-4

гидравлическими устройствами переключения режимов работы. Гидрогеологические условия площадки очистных сооружений предопределили расположение отметки дна фильтров на уровне отметки поверхности земли, а это требует включения в технологическую схему насосов, подающих из сборного ре-

зервуара осветленную во вторичных отстойниках воду в верхнюю часть корпуса фильтров.

Ограждающие конструкции вокруг фильтров (павильон, насыпь) отсутствуют. Фильтры расположены в два ряда по пять штук в каждом. В коридоре между рядами устроен павильон трубопроводов и технологического оборудования. Размеры одной ячейки фильтра в плане 3,3×3,3 м, высота корпуса фильтра – 5,5 м. Диаметр восходящей ветви сифона фильтрата – 250 мм, а сифона промывной воды – 350 мм. На нисходящей ветви сифонов фильтрата установлены задвижки для возможности ручного переключения режимов работы фильтров. В конструктивном плане сборно-распределительная и дренажная системы фильтров, а также гидравлические устройства переключения режимов их работы выполнены аналогично конструкции фильтров на РПО "Азот". Аналогично ранее описанному протекает и сам процесс доочистки стоков. Результаты промышленных наблюдений за работой описанной станции доочистки стоков позволили определить усредненные значения показателей эффективности ее работы: скорость фильтрования – 8-10 м/ч, продолжительность фильтроцикла – 24 ч (эксплуатационным персоналом допускается до 154 ч), продолжительность промывки – 1-4 мин.

Технологические параметры расчета фильтров с плавающей загрузкой устанавливают путем технологического моделирования процесса для конкретных условий их применения. Для ориентировочных же расчетов можно воспользоваться данными табл.2.

Таблица 2 – Технологические параметры фильтров с плавающей фильтрующей загрузкой для доочистки биохимически очищенных сточных вод

Конструкция фильтра	d, мм	L, м	C, мг/л		V, м/ч	T, ч	q, л/(с·м²)	t, мин
			C _и	C _ф				
Фильтры, работающие с восходящим фильтрационным потоком	1,5-2	1,0-1,2	20/15	2-6/ 2-5	5-7	8-12	12	2-4
Фильтры, работающие с нисходящим фильтрационным потоком	3-5 1-2	0,8-1,0	30/20	2-6/ 2-5	6-8	24-72	14	3-6
<p><i>Примечание:</i> d – диаметр гранул, мм; L – толщина фильтрующего слоя, м; C_и, C_ф – концентрация загрязнений в воде (взвешенные вещества / БПК₅), соответственно в исходной и профильтрованной воде, мг/л; V – скорость фильтрования, м/ч; T – продолжительность фильтроцикла, ч; q – интенсивность промывки, л/(с·м²); t – продолжительность промывки, мин.</p>								

1. Гироль Н.Н., Журба М.Г., Семчук Г.М., Якимчук Б.Н. Доочистка сточных вод на зернистых фильтрах / Под общ. ред. Н.Н. Гироля. – К., 1998. – 92 с.

2. Гироль М.М., Семчук Г.М., Якимчук Б.Н. Доочищення стічних вод // Доповідь на Українсько-Польський наук-техн. конф. "Сучасні проблеми водопостачання і знешкодження стічних вод. Львів, 1996". – Львів, 1996.

3. Гироль М.М., Якимчук Б.Н., Гандзюк С.О., Дикий В.П., Кучма П.І. Досвід реконструкції піщаних фільтрів на фільтри з плаваючим фільтруючим шаром в схемі очистки декарбонізованої води // Сборник материалов международной научно-практической конференции "Актуальные проблемы водоснабжения и водоотведения" 09-11-09.99. – Одесса, 1999. – С.137-140.

Получено 27.09.2002

УДК 628.3

В.Е.ТЕРНОВЦЕВ, д-р техн. наук, Г.М.КОЧЕТОВ, канд. хим. наук
Киевский национальный университет строительства и архитектуры

ЗАМКНУТАЯ СИСТЕМА ОЧИСТКИ ПРОМЫВНЫХ ВОД ЛИНИИ НИКЕЛИРОВАНИЯ ГАЛЬВАНИЧЕСКИХ ПРОИЗВОДСТВ

Предложена технологическая схема обработки промывных сточных вод цеха никелирования с замкнутым циклом водооборота и регенерацией ценного металла. Рассмотрены альтернативные методы переработки элюата ионообменного фильтра.

Промывные сточные воды на гальванических производствах образуются при промывке металлоизделий после их химической и электрохимической обработки. Компоненты технологических растворов и электролитов попадают в промывную воду, вызывая ее загрязнение. Наиболее токсичными загрязнителями являются соединения тяжелых металлов. Эти вещества, находясь как в растворенной форме, так и во взвешенном состоянии, способны к комуляции в окружающей среде и представляют особую опасность для здоровья человека. Используемые в современной отечественной промышленности технологии очистки сточных вод, как правило, заключаются в реагентной обработке всего их объема [1]. Реализация таких технологий связана со значительными потерями сырья и реагентов, приводит к накоплению на предприятиях больших объемов шламов. Регенерация металлов из этих шламов сложная и нерентабельная. Реагентная обработка сточных вод не обеспечивает должного качества очищенной воды и она нуждается в дальнейшей дорогостоящей доочистке перед сбросом в канализацию.

Современные требования, предъявляемые к обработке сточной воды гальванических производств, предполагают создание цикла замкнутого водооборота, а также включение в технологическую цепочку процессов регенерации ценных компонентов и утилизации остальных продуктов водоочистки. Для применения таких эффективных технологий на гальванических производствах требуется разработка